第47卷 第11期
2024年11月

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

Vol. 47 No. 11
Nov. 2024

玛纳斯河流域土地利用转型生态环境效应及分异机制
——基于“三生”空间主导功能判别视角

高 喆[1]， 冶建明[1,2]

（1. 石河子大学农学院，新疆 石河子 832003；2. 同济大学建筑与城市规划学院，上海 200092）

摘 要：玛纳斯河流域作为新疆重要的绿洲农业耕作区，生态环境脆弱，探讨土地利用转型及其生态环境效应对该区国土空间优化以及乡镇可持续发展有着重要意义。基于“生产-生活-生态”空间主导功能，分析玛纳斯河流域土地利用功能转型和生态环境效应演变，探讨该区域生态环境效应分异机制。结果表明：（1）2010—2020年，玛纳斯河流域主要发生生态空间向生产空间和生活空间的转出。（2）玛纳斯河流域整体生态环境质量指数从0.29变化为0.27，农业生产空间侵蚀生态空间带来的生态环境负面影响逐渐增强。（3）地形因素和气候因素是玛纳斯河流域生态环境效应变化的主导因子，因子间的交互作用共同驱动流域土地利用转型，导致玛纳斯河流域生态环境质量格局复杂。

关 键 词：“三生”空间；土地利用转型；生态环境效应；空间分异；玛纳斯河流域

文章编号：1000－6060(2024)11－1947－10(1947～1956)

随着我国社会经济和城镇化的快速发展，生产、生活和生态空间的矛盾冲突加剧，引发了区域土地利用的深刻转型和空间重构[1]。土地利用转型作为国土空间的新切入点，已经成为研究热点，主要集中在理论体系[2]、驱动机制[3]以及城乡区域国土空间优化[4]等方面。有研究表明，土地利用转型与区域气候、降水、植被覆盖等环境因素紧密关联，直接影响着区域生态系统的平衡[5]。如何有效测度区域土地利用转型的特征并量化其对生态环境质量的影响，对区域可持续发展至关重要。

土地利用转型的生态环境效应不仅是衡量区域土地利用水平的关键指标，也是探索如何以最少的资源投入和最低的环境成本实现经济价值最大化的重要因素[6]。相关研究的重点逐渐从单要素环境效应扩展到研究区整体[7]。随着我国的国土空间开发朝着“生产、生活和生态三者统筹发展”转变，研究视角也从土地利用冲突向着“三生”协调转变。土地利用转型是随着经济和社会需求变化的动态过程，在不同阶段均涉及到土地资源在生产、生活和生态3方面功能的数量和空间再配比和再配置[1]。以“生产-生活-生态”为切入点研究区域土地利用转型和生态效应，能更准确地把握土地利用转型对生态环境的影响。土地利用转型促进生态环境空间格局分异机制是近期研究的热点[1]，最优参数地理探测器可以客观揭示外部影响因子对生态环境效应的驱动作用，为探究分异机制提供新的研究方法[8]。研究范围涉及省域[9]、城市群[10]、市域[11]、区县[12]，但对微观尺度下的乡镇生态环境效应研究较少。

玛纳斯河流域位于亚洲中部干旱地区，是新疆最大的绿洲农耕区，同时也是全国作物高产区[13]。近年来，流域内经济和城镇化快速发展，人工绿洲向沙漠边缘持续扩张，生活空间和生产空间逐渐侵占生态空间，改变着区域内土地利用结构。流域面

收稿日期：2023-12-05； **修订日期**：2024-03-04
基金项目：国家社会科学基金项目(23XMZ045)资助
作者简介：高喆(1999-)，女，在读硕士，主要从事土地资源利用研究. E-mail: 20222012065@stu.shzu.edu.cn
通讯作者：冶建明(1981-)，男，硕士，教授，主要从事人居环境研究. E-mail: 2110309@tongji.edu.cn

临着耕地盐渍化、林草地退化以及土地荒漠化等生态问题，部分生态功能区退化严重[14]。因此，本文基于“生产-生活-生态”空间主导功能，分析玛纳斯河流域土地利用转型，探索流域生态环境效应演变，同时利用最优参数地理探测器对该区生态环境效应分异机制进行研究，以期为玛纳斯河流域国土空间优化、区域生态环境建设提供建议。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

新疆玛纳斯河流域(43°21′~45°20′N，84°43′~86°35′E)地处新疆天山山脉北麓，准噶尔盆地南缘(图1)[13]。流域内具有独特的“山地-绿洲-荒漠”的地形结构，中部绿洲地势平坦、土地肥沃，是新疆主要的农业耕作区和作物高产区。在行政区划上，玛纳斯河流域包括沙湾市、石河子市和玛纳斯县[14]。近10 a来，随着流域内经济发展与城镇化建设的推进，城镇用地与耕地面积不断扩张，挤压生态用地，影响了玛纳斯河流域生态环境建设与农业可持续发展。

1.2 数据来源

本文所涉及的玛纳斯河流域2010、2015年和2020年土地利用数据、2020年降水量、2020年平均气温、2019年人口密度、2019年地均GDP、2018年植被覆盖率数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(http://www.resdc.cn)，分辨率1 km；数字高程模型(DEM)数据来源于地理数据云(https://www.gscloud.cn/)，分辨率30 m；地形起伏数据来源于全球变化数据学报(https://www.geodoi.ac.cn)，分辨率1 km；2019年河网密度数据来源于科学数据银行(https://www.scidb.cn/)，分辨率1 km。所有指标均通过ArcGIS转换为同一空间分辨率和投影。

1.3 研究方法

1.3.1 “三生”空间评价体系构建 在区域发展的不同阶段，由于土地开发利用的不同目的、强度，相应的功能侧重也有不同[15]。依据土地主次功能差异，本文结合已有研究成果[16]，构建“三生”空间评价体系，基于此划分玛纳斯河流域的土地利用类型(表1)。

1.3.2 土地利用转移矩阵 借助土地利用转移矩阵，探究“三生”空间类型在功能上转型的增减。其

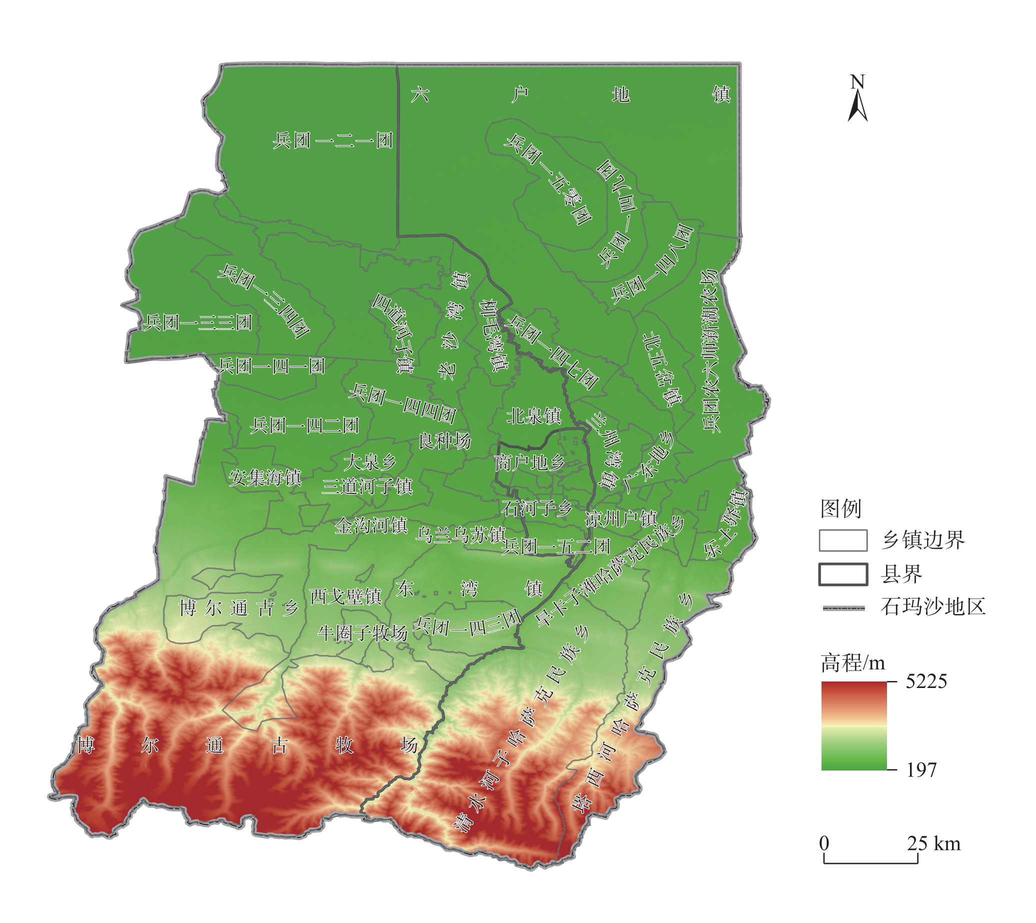


图1 研究区示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the study area

表1　玛纳斯河流域“三生”空间分类

Tab. 1　Categorization of “production-living-ecological” spaces in Manas River Basin

“三生”空间	主导功能	土地利用类型
生产	农业生产	水田、旱地
	工矿生产	工矿等其他建设用地
生活	城镇生活	城镇用地
	农村生活	农村居民点
生态	绿地生态	林地、草地
	水域生态	河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川、滩涂、滩地
	其他生态	沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石质地、其他

表达式为：

$$S_{ij}=\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

式中：S_{ij}为第i类空间转换为第j类空间类型的面积（km^2）；n为空间类型数量。

1.3.3　生态环境质量指数　借助地区的“三生”空间类型与生态环境质量的关系，测算区域生态环境效应[17]。其表达式为：

$$E_t=\left(\sum_{i=1}^{n}\mathrm{LA}_{i,t}\times V_i\right)\Big/\sum_{i=1}^{n}\mathrm{LA}_{i,t} \tag{2}$$

$$R=\frac{E_{t_2}-E_{t_1}}{E_{t_1}\times(t_2-t_1)}\times 100\% \tag{3}$$

式中：E_t、E_{t_1}、E_{t_2}分别为t、t_1、t_2时期的生态环境质量；V_i为第i类空间对应的生态环境质量值[18]；$\mathrm{LA}_{i,t}$为第i类空间在t时期的面积（km^2）；R为研究时期的生态环境质量变化率[12]。

1.3.4　生态贡献率　通过计算土地利用转型生态贡献率，分析土地利用转型而引起的研究区生态效应变化。其表达式为：

$$\mathrm{EI}=\frac{\left(E_{t_2}-E_{t_1}\right)\times \mathrm{LA}}{\mathrm{TA}} \tag{4}$$

式中：EI为生态贡献率；TA为区域面积（km^2）；LA为“三生”空间类型转变面积（km^2）。

1.3.5　最优参数地理探测器模型　地理探测器模型中如何确定连续数据离散化方式以及空间尺度，通常由人为设定，从而导致离散化不佳。相对之下，最优参数地理探测器模型在探索空间尺度、离散方法和分区数量的最优解的基础上，增加结果的精确性[19]。通常用q值来度量各驱动因子对因变量空间分布的影响能力，q值取值范围为[0, 1]。

根据研究区域范围和相关研究[20–21]，构建1 km、2 km、3 km、4 km和5 km共5种空间尺度，对应生成22506、5733、2598、1487和969个网格。

自然因子和社会因子共同影响着干旱区绿洲生态环境质量。参考相关研究，结合研究区特点，选取平均海拔（X_{10}）和地形起伏度（X_{11}）代表地形因子，地均GDP（X_7）和人口密度（X_6）代表社会因子，平均气温（X_9）、年均降水量（X_8）、植被覆盖率（X_2）和河网密度（X_5）代表自然环境因子，土地开发强度（X_1）、林地面积变化（X_3）、耕地面积变化（X_4）代表土地利用因子，共计11个影响因子，进行最优参数地理探测分析。自然和社会因子对生态环境质量的影响越大，q值就越大。

2　结果与分析

2.1　玛纳斯河流域土地利用转型

2.1.1　“三生”空间时空演变　2010—2020年，玛纳斯河流域的土地利用变化活跃，生产、生活空间面积占比不断增大，生态空间面积占比逐年缩小（图2）。具体分析如下：（1）生产空间大幅扩大，其中农业生产空间面积变化最大，2020年较2010年面积增加2114.35 km^2，主要集中分布在中部乡镇，地势平坦且水资源丰富，适合耕作。（2）生活空间面积逐年递增，2020年较2010年增加56.56 km^2，靠近耕地范围城镇生活空间的增加最为迅速，2020年较2010年增加1.26倍；农村生活空间小幅增加，呈点状地零散穿插在农业生产空间内部。（3）生态空间占据玛纳斯河流域的主体地位，面积变化最大，2020年较2010年减少了0.13倍，各类生态用地的面积波动明显，其中水域生态用地变化最为明显，2020年较2010年减少了0.57倍。各乡镇的土地利用变化也存在明显差异：处在边缘区域的乡镇主要以生态空间为主，随着海拔而变化；工矿生产空间从0.02%扩张到0.30%，主要分布在石河子市、玛纳斯县和沙湾市的交界处，如兰州湾镇、北泉镇。

2.1.2　“三生”空间转型特征　从“三生”空间转型变化分析来看（图3），2000—2020年主要以生态功能转变为生产功能为主，2015—2020年“三生”空间功能转型比2010—2015年更为明显。其中，2010—2015年生态功能转向生产功能面积为51.47 km^2，2015—2020年生态功能转入生产功能面积为2200.23 km^2，主要发生在中部平原地区；其次是生

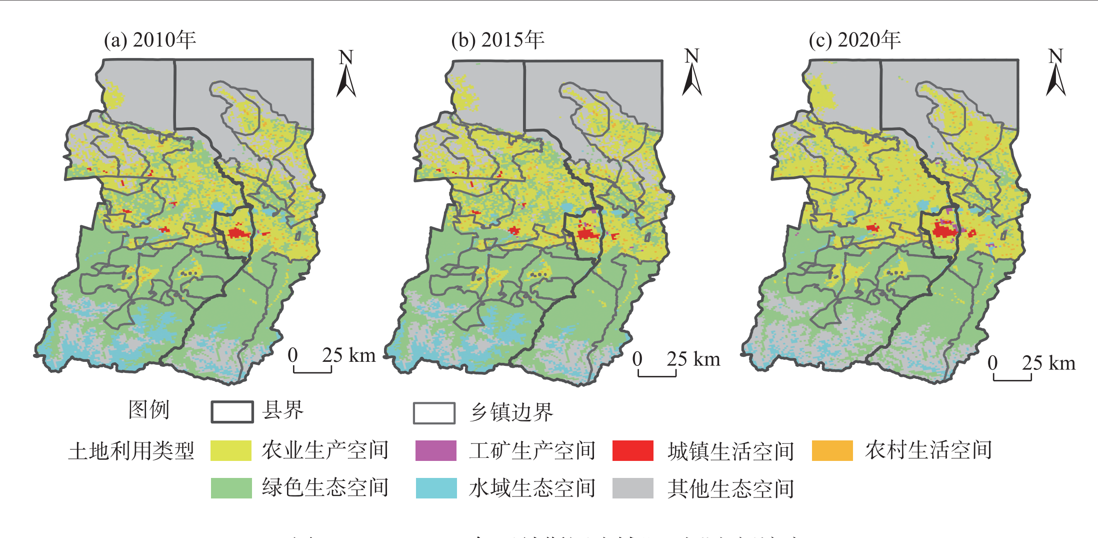


图2 2010—2020年玛纳斯河流域"三生"空间演变

Fig. 2 Evolution of the "production-living-ecological" spaces in Manas River Basin during 2010—2020

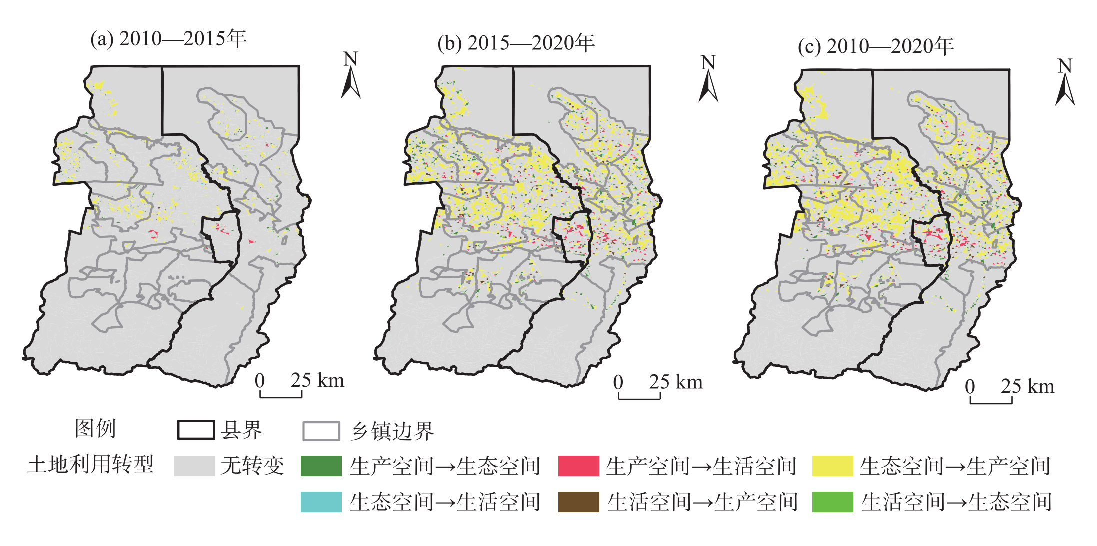


图3 2010—2020年玛纳斯河流域土地利用转型

Fig. 3 Land use transformation in Manas River Basin during 2010—2020

产功能转变为生态功能,10 a间转入生态功能面积为518.74 km^2,零散分布于乡镇生活用地边缘;生产功能转为生活功能主要发生在城区边缘。除了石河子乡、三道河子镇、旱卡子滩哈萨克民族乡、兵团一五二团这类城区周边乡镇主要发生生产功能空间转入生活功能空间外,其他乡镇均以生态功能向生产功能转变为主。

2.2 玛纳斯河流域"三生"空间转型生态环境效应

2.2.1 "三生"空间转型生态环境质量 2010—2020年,玛纳斯河流域整体生态环境质量指数从0.29变化为0.27,呈现逐渐恶化的趋势(图4)。在空间分布上,北部乡镇由于戈壁、沙地面积占比较大,生态环境质量低于0.20;南部乡镇海拔较高,冰雪覆盖地和林地面积占比大,整体生态环境质量指数排名靠前。

结合生态环境质量变化率分析(图5),2010—2015年,随着城镇化进程的推进,居民对生活空间、生产空间的需求量提高,城镇生活空间向外辐射扩散,石河子乡、北泉镇等城区周边乡镇生态环境恶化;兵团一二一团、一三三团等乡镇由于耕地面积不断增加,生态环境质量提高;南部乡镇几乎没有变化。2015—2020年,粮食安全保障政策要求更多的耕地资源,同时乡村振兴导致生产空间扩建,地下水资源过度开发,耕地利用与城镇建设的不断开发胁迫生态空间,林地、草地以及水域空间退化,导致玛纳斯河流域各乡镇生态环境质量变化复杂:中

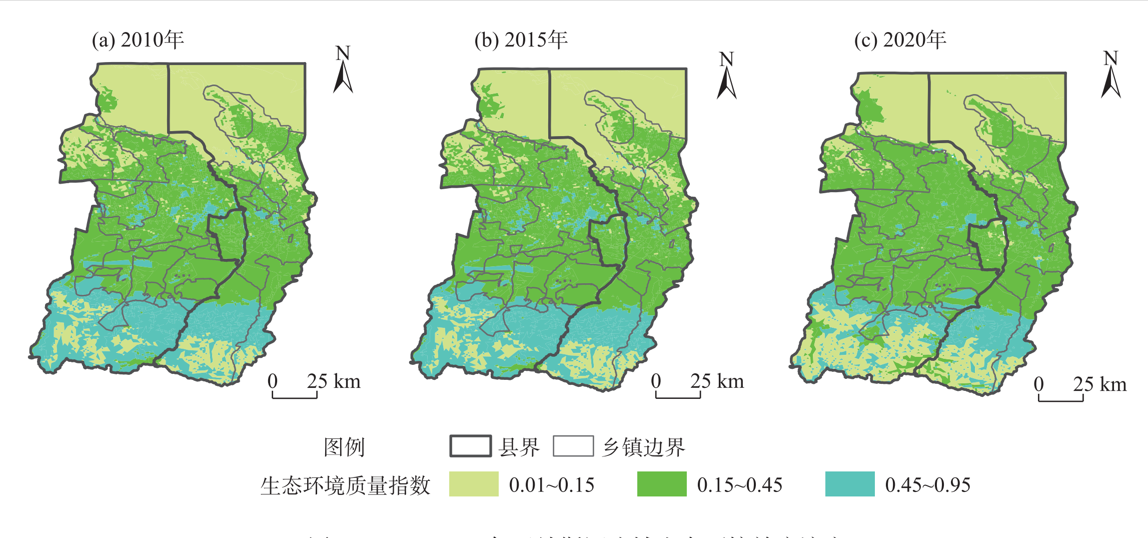


图4　2010—2020年玛纳斯河流域生态环境效应演变

Fig. 4　Evolution of eco-environment effects in Manas River Basin during 2010—2020

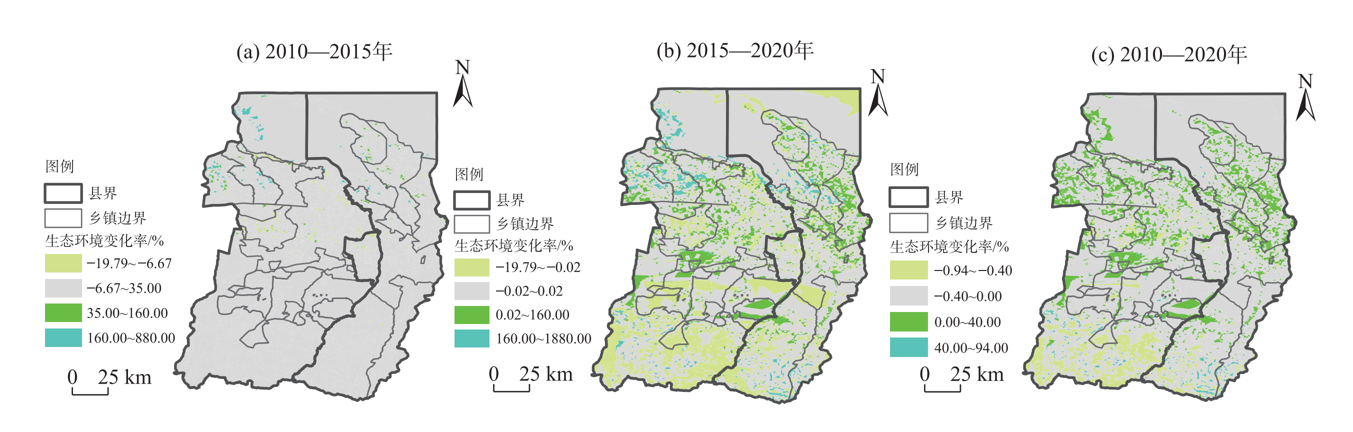


图5　2010—2020年玛纳斯河流域生态环境质量变化

Fig. 5　Changes of eco-environment quality in Manas River Basin during 2010—2020

部地区乡镇由于基础设施用地以及农业设施用地增加，生态环境恶化；北部荒漠边缘的乡镇耕地面积逐渐扩大，生态环境改善，如兵团一二一团、兵团一五零团；博尔通古牧场和清水河子哈萨克民族乡随着旅游业和牧业的发展，生态环境受到一定影响；三道河子镇的林场森林公园提升了当地的生态环境质量；兵团一四三团农业生态旅游区建设使其生态环境质量改善。

2.2.2　“三生”空间转型生态贡献率　由表2可知，其他生态空间转入农业生产空间是玛纳斯河流域生态环境改善的主要土地利用转变类型，贡献率占据总贡献率的41.609%；水域、绿色生态空间的转出是生态环境恶化的主要类型。总的来说，玛纳斯河流域“三生”空间转型对生态环境的贡献率为负值，表明该研究区域生态环境逐渐恶化。

2.3　生态环境质量空间分异机制

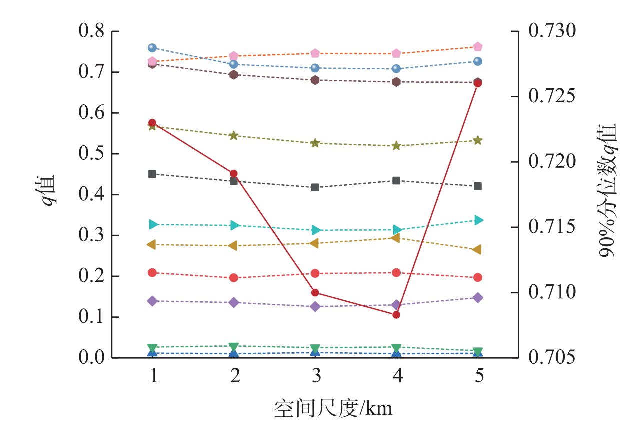
2.3.1　最优参数识别　各因素的驱动程度对空间尺度有较强的依赖性，通过分析不同空间尺度的驱动因素90%分位数q值，达到最大值时则为最佳空间尺度。由图6可知，在1~5 km的空间尺度中，5 km时q值最大。因此，5 km的空间尺度可以较好地反映影响因子对生态环境质量的影响。由图7可知，不同离散方法和分区数量对驱动机制影响也较为明显。对于土地利用强度，分位数分类方式且区间数量为9时q值达到最大，因此选用分位数将土地利用强度分为9类为最优离散化选择。其他的影响因子均以q值最大为原则进行最优离散化。

2.3.2　驱动因素分析　从单因子探测结果来看（表3），各因子P值均小于0.05，依次是平均海拔（X_{10}）>地形起伏度（X_{11}）>年均降水量（X_8）>年均气温（X_9）>

表2 玛纳斯河流域土地利用转型生态贡献率

Tab. 2 Ecological contribution of land use transformation in Manas River Basin

生态环境改善				生态环境恶化			
“三生”空间结构转型		贡献率	占比%	“三生”空间结构转型		贡献率	占比%
2010年	2020年			2010年	2020年		
其他生态	农业生产	0.008195	41.609	水域生态	其他生态	−0.031781	54.840
其他生态	绿色生态	0.006400	32.495	绿色生态	其他生态	−0.014954	25.804
其他生态	水域生态	0.002995	15.207	绿色生态	农业生产	−0.008402	14.498
农业生产	绿色生态	0.000830	4.214	水域生态	绿色生态	−0.001120	1.933
绿色生态	水域生态	0.000524	2.661	农村生产	其他生态	−0.000467	0.806
农村生活	农业生产	0.000288	1.462	水域生态	农业生产	−0.000333	0.575
农村生产	水域生态	0.000240	1.219	农业生产	农村生活	−0.000306	0.528
农村生活	绿色生态	0.000087	0.442	绿色生态	农村生活	−0.000205	0.354
其他生态	农村生活	0.000052	0.264	农业生产	工矿生产	−0.000110	0.190
城镇生活	农业生产	0.000038	0.193	绿色生态	工矿生产	−0.000106	0.183
其他生态	工矿生产	0.000016	0.081	农业生产	城镇生活	−0.000097	0.167
工矿生产	农业生产	0.000013	0.066	水域生态	工矿生产	−0.000030	0.052
城镇生活	绿色生态	0.000011	0.056	绿色生态	城镇生活	−0.000026	0.045
城镇生活	水域生态	0.000006	0.030	水域生态	农村生活	−0.000008	0.014
工矿生产	绿色生态	0.000000	0.000	农村生活	工矿生产	−0.000004	0.007
工矿生产	农村生活	0.000000	0.000	城镇生活	工矿生产	−0.000002	0.003
城镇生活	农村生活	0.000000	0.000	水域生态	城镇生活	0.000000	0.001
农村生活	城镇生活	0.000000	0.000	农村生活	其他生态	0.000000	0.000
总计		0.019695	100.000			−0.057952	100.000



注：q值用来解释驱动因子对生态环境质量的影响程度。

图6 玛纳斯河流域生态环境质量影响因子最佳空间尺度比较结果

Fig. 6 Results of the comparison of optimal spatial scales of eco-environment quality influencing factors in Manas River Basin

土地开发强度(X_1)>地均GDP(X_7)>人口密度(X_6)>植被覆盖率(X_2)>河网密度(X_5)>耕地面积变化(X_4)>林地面积变化(X_3)。各影响因子中平均海拔、地形起伏度以及年均降水量、年均气温的q值大于0.5，表明地形和气候因子是玛纳斯河流域生态环境效应分异的主控因子。由图8可知，因子间交互作用表现出协同增强的效果。平均海拔与其他因子相互作用的贡献力均大于0.765，表明平均海拔是影响玛纳斯河流域生态环境效应分异的核心因子。

2.3.3 空间分异机制 由分析可知，地形因素和气候因素是玛纳斯河流域生态环境效应分异的主导驱动因子；地均GDP、人口密度和土地开发强度是核心因子，与植被覆盖率、河网密度、耕地面积变化、林地面积变化相互作用共同驱动玛纳斯河流域“三生”空间的转型，从而使生态环境质量发生改变。

玛纳斯河流域北部区域地势平缓、海拔较低，主要是以戈壁沙漠为主，降水稀少，生态环境质量指数低；而南部地区地势险峻，林地和冰雪覆盖地是主要的地类，生态环境质量指数高。随着乡村振

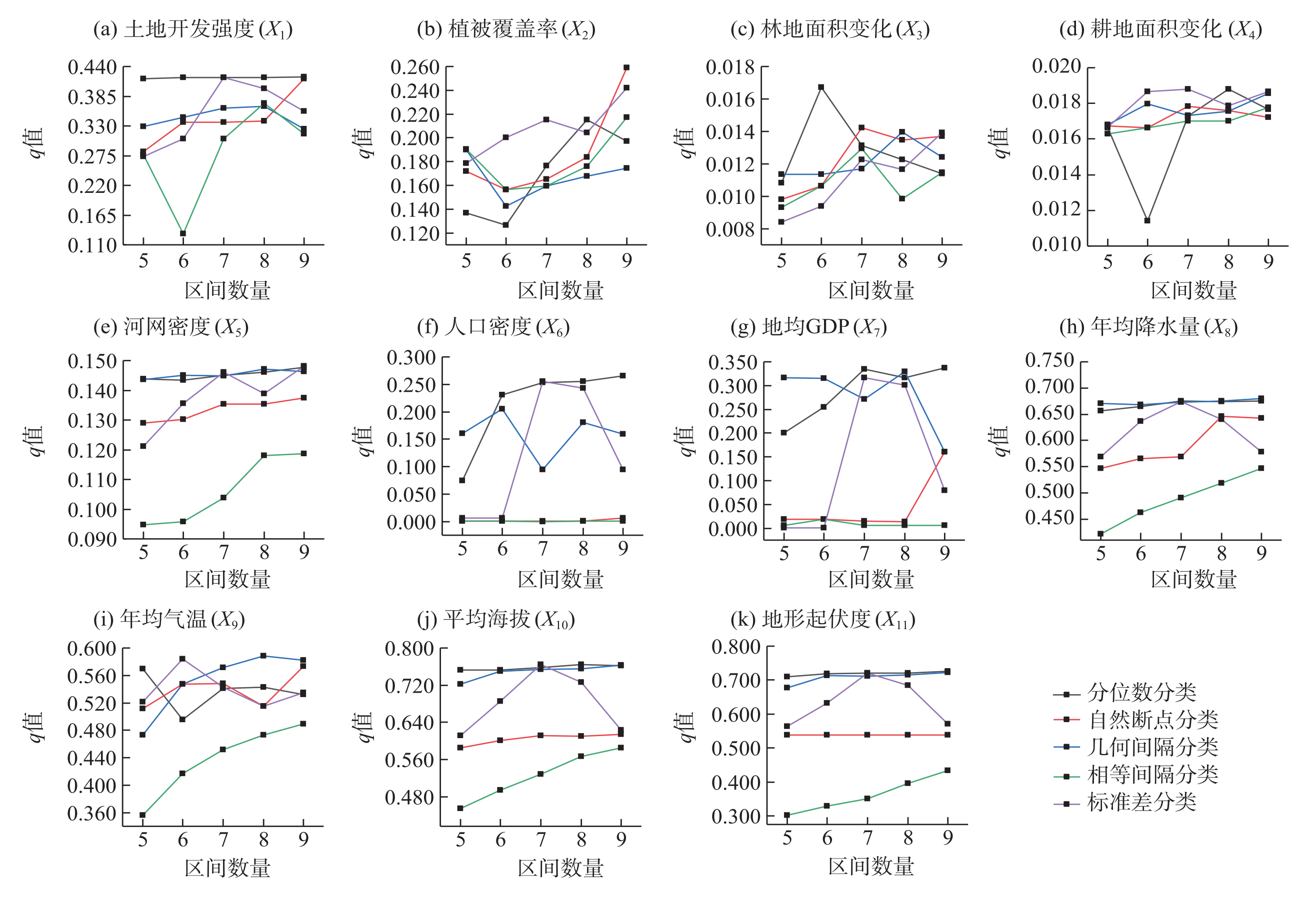


图7　玛纳斯河流域生态环境质量影响因子最优离散化结果

Fig. 7　Optimal discretization results of eco-environment quality influencing factors in Manas River Basin

表3　玛纳斯河流域生态环境效应影响因子探测结果

Tab. 3　Exploration consequences of influencing factors of eco-environmental effects in Manas River Basin

影响因子	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
q 值	0.421	0.259	0.011	0.019	0.148	0.265	0.337	0.680	0.589	0.765	0.726

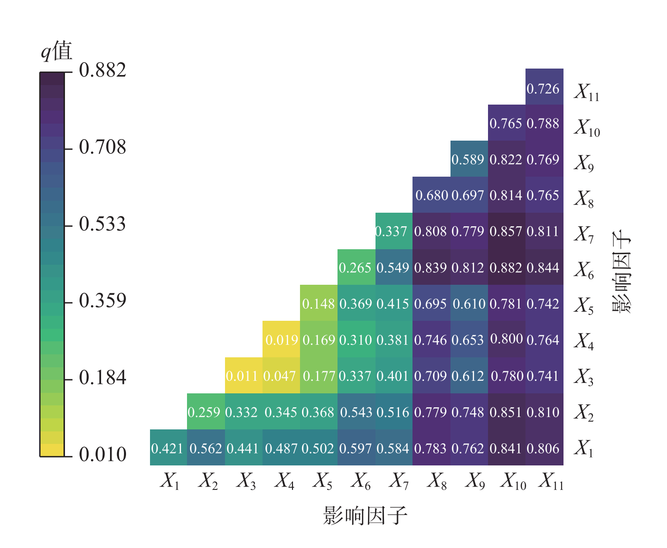


图8　玛纳斯河流域生态环境效应影响因子交互探测结果

Fig. 8　Interaction exploration consequences of influencing elements of eco-environmental effects in Manas River Basin

兴战略的实施，乡镇土地开发强度不断增加，生活空间不断扩张和生产空间的高度需求推动着土地利用转型，形成差异化的生态环境质量格局。而人口密度和地均GDP直接影响着乡镇发展需求，农业现代化的红利推动着产业结构多样化，进而影响各乡镇“三生”空间转型方向，导致玛纳斯河流域生态环境质量格局复杂。

3　讨　论

本文发现，2010—2020年，导致玛纳斯河流域生态环境质量变化的土地利用转型主要为绿色、水域生态空间与其他生态空间、农业生产空间之间的转换，这与黄晶等[12]对干旱区绿洲的研究结论一样。2010—2020年，玛纳斯河流域北部地区农业生

产空间增加，以及中部地区作物规模化种植，提升了生态环境质量；然而农业生产空间侵蚀生态空间带来的生态环境负面影响逐渐增强。对于生态环境质量格局空间分异影响因素，在东部经济发达的地区，人类活动对生态环境的干预较强，社会因素（交通、经济等）对区域生态环境影响明显[22-23]；玛纳斯河流域是典型的干旱区绿洲，地形因素和气候因素是影响生态环境变化的主导驱动因子。

党的二十大对国土空间发展提出新要求，"推动城市化地区、农产品主产区、生态功能区三大空间格局的形成，实现不同功能空间相辅相成、共同发展"，未来玛纳斯河流域在迎接"一带一路"新机遇的同时，应坚持"山水林田湖草是生命共同体"理念，注重生态安全构建。具体来说，首先应重点规划北部生态屏障区的生态用地，构建南部构建防护林带，改善土地退化；其次应以水资源为约束条件，合理规划研究区耕地规模，注重农业经济与生态环境的协调发展；最后大力推进城乡生活空间人居环境改善和基础设施配套建设，促使玛纳斯河流域走上一条生态良好、生产发展、生活富裕的可持续发展道路[9]。

村镇系统自适应性循环能力较为薄弱，其生态环境发展具有更多的复杂性和不确定性，在对研究区各乡镇进行生态环境效应分析时出现小部分乡镇长期陷入病态陷阱阶段[24]。但由于篇幅受限，并未具体分析各乡镇发展中陷入病态陷阱的原因，未来将结合实地调查进行深入分析，以期为微观尺度下干旱区绿洲可持续发展提供参考。

4 结 论

（1）2010—2020年，玛纳斯河流域"三生"空间变化明显，主要发生生态空间向生产空间和生活空间的转出。农业生产空间面积变化最大，10 a间面积增加了2114.35 km^2。

（2）2010—2020年，玛纳斯河流域整体生态环境质量指数从0.29变化为0.27。北部地区农业生产空间增加，以及中部地区作物规模化种植，提升了生态环境质量；然而农业生产空间侵蚀生态空间带来的生态环境负面影响逐渐增强。

（3）地形因素和气候因素是玛纳斯河流域生态环境效应分异的主导驱动因子；地均GDP、人口密度和土地开发强度是核心因子，与植被覆盖率、河网密度、耕地面积变化、林地面积变化相互作用共同驱动玛纳斯河流域"三生"空间的转型，从而使生态环境质量发生改变。

参考文献（References）

[1] 董冬, 罗毅, 顾康康. "三生空间"视角下长三角城市群土地利用转型生态环境效应时空分异及驱动力[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(8): 1664-1676. [Dong Dong, Luo Yi, Gu Kangkang. Spatio-temporal differentiation and driving forces of eco-environmental effects of land use transformation in Yangtze River Delta Economic Zone: A perspective of "production-living-ecological" spaces[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2023, 32(8): 1664-1676.]

[2] 宋小青. 论土地利用转型的研究框架[J]. 地理学报, 2017, 72(3): 417-487. [Song Xiaoqing. Discussion on land use transition research framework[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(3): 417-487.]

[3] 谭林, 陈岚. 乡村空间重构与土地利用转型耦合机制及路径分析[J]. 自然资源学报, 2022, 37(7): 1829-1847. [Tan Lin, Chen Lan. The driving mechanism and path analysis of the coupling development of rural spatial reconstruction and land use transition [J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37(7): 1829-1847.]

[4] 龙花楼, 陈坤秋. 基于土地系统科学的土地利用转型与城乡融合发展[J]. 地理学报, 2021, 76(2): 295-309. [Long Hualou, Chen Kunqiu. Urban-rural integrated development and land use transitions: A perspective of land system science[J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(2): 295-309.]

[5] Feng X H, Li Y, Wang X, et al. Impacts of land use transitions on ecosystem services: A research framework coupled with structure, function, and dynamics[J]. Science of the Total Environment, 2023, 901: 166366, doi: 10.1016/J.scitotenv2023.166366.

[6] Chen Q, Zheng L, Wang Y, et al. A comparative study on urban land use eco-efficiency of Yangtze and Yellow rivers in China: From the perspective of spatiotemporal heterogeneity, spatial transition and driving factors[J]. Ecological Indicators, 2023, 151: 110331, doi: 10.1016/J.ecolind.2023.110331.

[7] 翟玉鑫, 张飞云, 马丽娜. 近40年新疆三生用地转型及其生态环境效应演变[J]. 土壤通报, 2022, 53(3): 514-523. [Zhai Yuxin, Zhang Feiyun, Ma Lina. Changes of production-living-ecology land transformation and eco-environmental effects in Xinjiang in last 40 years[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2022, 53(3): 514-523.]

[8] 陈田田, 黄强, 王强. 基于地理探测器的喀斯特山区生态系统服务关系分异特征及驱动力解析——以贵州省为例[J]. 生态学报, 2022, 42(17): 6959-6972. [Chen Tiantian, Huang Qiang, Wang Qiang. Differentiation characteristics and driving factors of ecosystem services relationships in karst mountainous area based

on geographic detector modeling: A case study of Guizhou Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(17): 6959-6972.]

[9] 董建红, 张志斌, 笪晓军, 等. “三生”空间视角下土地利用转型的生态环境效应及驱动力——以甘肃省为例[J]. 生态学报, 2021, 41(15): 5919-5928. [Dong Jianhong, Zhang Zhibin, Da Xiaojun, et al. Eco-environmental effects of land use transformation and its driving forces from the perspective of “production-living-ecological” spaces: A case study of Gansu Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(15): 5919-5928.]

[10] 冯新惠, 李艳, 余迩, 等. 环太湖城市群土地利用转型及其生态环境效应[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(6): 1238-1253. [Feng Xinhui, Li Yan, Yu Er, et al. Land use transition and its ecological and associated eco-environmental effects in the Taihu Lake city cluster[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2023, 32(6): 1238-1253.]

[11] 张梦圆, 荣丽华, 李伊彤, 等. 基于“三生”空间的农牧交错区城市土地利用转型及生态环境效应分析——以包头市为例[J]. 干旱区地理, 2023, 46(6): 958-967. [Zhang Mengyuan, Rong Lihua, Li Yitong, et al. Land use transformation transformation in the agro-pastoral ecotone based on ecological-production-living spaces and associated eco-environment effects: A case of Baotou City[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(6): 958-967.]

[12] 黄晶, 薛东前, 董朝阳, 等. 干旱绿洲农业区土地利用转型生态环境效应及分异机制——基于三生空间主导功能判别视角[J]. 地理科学进展, 2022, 41(11): 2044-2060. [Huang Jing, Xue Dongqian, Dong Chaoyang, et al. Eco-environmental effects and spatial differentiation mechanisms of land use transition in agricultural areas of arid oasis: A perspective based on the dominant function of production-living-ecological spaces[J]. Progress in Geography, 2022, 41(11): 2044-2060.]

[13] 王永静, 宋风娇. 玛纳斯河流域土地利用时空演变及对生态系统服务价值的影响[J]. 生态经济, 2021, 37(7): 161-168. [Wang Yongjing, Song Fengjiao. Temporal and spatial variations of land use and their influences on ecosystem service function values in Manas River Basin[J]. Ecological Economy, 2021, 37(7): 161-168.]

[14] 康紫薇, 张正勇, 位宏, 等. 基于土地利用变化的玛纳斯河流域景观生态风险评价[J]. 生态学报, 2020, 40(18): 6472-6485. [Kang Ziwei, Zhang Zhengyong, Wei Hong, et al. Landscape ecological risk assessment in Manas River Basin based on land use change[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(18): 6472-6485.]

[15] 付晶莹, 郜强, 江东, 等. 黑土保护与粮食安全背景下齐齐哈尔市国土空间优化调控路径[J]. 地理学报, 2022, 77(7): 1662-1680. [Fu Jingying, Gao Qiang, Jiang Dong, et al. Optimal regulation of spatial planning in the context of black soil preservation and food security in Qiqihar[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(7): 1662-1680.]

[16] 逯承鹏, 纪薇, 刘志良, 等. 黄河流域甘肃段县域“三生”功能空间时空格局及影响因素识别[J]. 地理科学, 2022, 42(4): 579-588. [Lu Chengpeng, Ji Wei, Liu Zhiliang, et al. Spatial-temporal pattern and influencing factors of the “production-living-ecological” functional space of the Yellow River Basin at county level in Gansu, China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(4): 579-588.]

[17] 南生祥, 魏伟, 刘春芳, 等. 土地利用变化的生态环境效应及其时空演变特征——以河西走廊为例[J]. 应用生态学报, 2022, 33(11): 3055-3064. [Nan Shengxiang, Wei Wei, Liu Chunfang, et al. Eco-environmental effects and spatiotemporal evolution characteristics of land use change: A case study of Hexi Corridor, northwest China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2022, 33(11): 3055-3064.]

[18] 李晓文, 方创琳, 黄金川, 等. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应——以甘肃河西地区为例[J]. 第四纪研究, 2003(3): 280-290. [Li Xiaowen, Fang Chuanglin, Huang Jinchuan, et al. The urban land use transformations and associated effects on eco-environmental in northwest China arid region: A case study in Hexi region, Gansu Province[J]. Quaternary Sciences, 2003(3): 280-290.]

[19] 赵体侠, 朱连奇, 王丽园, 等. 中国生态环境质量与人类活动耦合机制及其影响因子[J]. 环境科学, 2024, 45(6): 3341-3351. [Zhao Tixia, Zhu Lianqi, Wang Liyuan, et al. Coupling mechanism of eco-environmental quality and human activities in China and their influencing factors[J]. Environmental Science, 2024, 45(6): 3341-3351.]

[20] 施智勇, 谢慧黎, 王圳峰, 等. 基于参数最优地理探测器的福州市生境质量时空格局与驱动力分析[J]. 环境工程技术学报, 2023, 13(5): 1921-1930. [Shi Zhiyong, Xie Huili, Wang Zhenfeng, et al. Analysis of spatiotemporal heterogeneity of habitat quality and their driving factors based on optimal parameters-based geographic detector for Fuzhou City[J]. Journal of Environmental Engineering and Technology, 2023, 13(5): 1921-1930.]

[21] 李妍, 张国钦, 吝涛, 等. 乡镇遥感生态指数时空变化及影响因子研究——以天津市蓟州区为例[J]. 生态学报, 2022, 42(2): 474-486. [Li Yan, Zhang Guoqin, Lin Tao, et al. The spatiotemporal changes of remote sensing ecological index in towns at influencing factors: A case study of Jizhou District, Tianjin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(2): 474-486.]

[22] 李思雅, 梁伟, 吕一河, 等. 黄河流域经济发展与生态环境压力的脱钩关系及其驱动效应分析[J]. 生态学报, 2023, 43(13): 5417-5431. [Li Siya, Liang Wei, Lü Yihe, et al. Decoupling relationship and driving effect between economic development and eco-environmental pressure in the Yellow River Basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(13): 5417-5431.]

[23] Wu X L, Zhang Y H. Coupling analysis of ecological environment evaluation and urbanization using projection pursuit model in Xi’an, China[J]. Ecological Indicators, 2023, 156(1): 111078, doi: 10.1016/J.ecolind.2023.111078.

[24] 王文慧, 钟业喜, 马宏智, 等. 鄱阳湖水陆交错带生态韧性时空变化及影响因素[J]. 生态学报, 2023, 43(22): 9514-9526. [Wang

Wenhui, Zhong Yexi, Ma Hongzhi, et al. Spato-temporal variations and factors of ecological resilience in the aquatic-terrestrial ecotone of Poyang Lake[J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(22): 9514-9526.]

Eco-environmental effects and differentiation mechanism of land use transition in Manas River Basin: A perspective based on the dominant function of "production-living-ecological" spaces

GAO Zhe[1], YE Jianming[1,2]

(1. College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832003, Xinjiang, China; 2. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: As a significant desert oasis agricultural area in Xinjiang, the Manas River Basin has a fragile ecological environment. Understanding land use changes and their environmental impacts is crucial for optimizing land use and promoting sustainable development in this region. Based on the spatial function classification of "production-living-ecological," this study analyzes the shifts in land use capabilities and the evolution of eco-environmental effects in the Manas River Basin, while exploring the mechanisms underlying the differentiation of eco-environmental impacts. The results indicate that: (1) From 2010 to 2020, there is a prominent conversion of ecological space into production and living spaces in the Manas River Basin. (2) The eco-environmental quality index of the Manas River Basin declines from 0.29 to 0.27, with the negative environmental impacts of agricultural production space encroaching on ecological space gradually intensifying. (3) Topographic and climatic factors are the primary drivers of changes in eco-environmental effects in the basin, and the interactions among these factors propel land use transformations, leading to a complex pattern of eco-environmental effects in the Manas River Basin.

Key words: "production-living-ecological" spaces; land use transformation; eco-environment effects; spatial differentiation; Manas River Basin